

PCT/JP2004/004517

30. 3. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Rec'd PCT/PTO 07 MAR 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

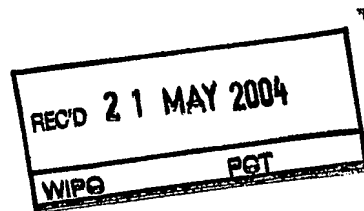
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年 1 2 月 1 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 4 1 2 0 6 2  
Application Number:

[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 4 1 2 0 6 2 ]

出      願      人                      日 本 電 信 電 話 株 式 有 限 公 司  
Applicant(s):

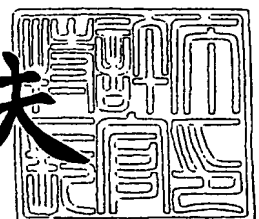


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年    4 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 4 - 3 0 3 7 4 7 8

【書類名】 特許願  
【整理番号】 NTTH156532  
【提出日】 平成15年12月10日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01S 5/12  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 布谷 伸浩  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 柴田 泰夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 菊池 順裕  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004226  
    【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100066980  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 森 哲也  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 001638  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0309076

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

第 1 光導波領域と、

前記第 1 光導波領域との境界面が前記第 1 光導波領域の導波方向に対して斜めに配置され、第 1 光導波領域と屈折率が異なる第 2 光導波領域と、

前記第 2 光導波領域との境界面における屈折方向が導波方向と一致するように、前記第 2 光導波領域との境界面が配置された第 3 光導波領域とを備えることを特徴とする集積光導波路。

**【請求項 2】**

第 1 の屈折率を持つ第 1 光導波路と第 3 光導波路および前記第 1 光導波路と前記第 3 光導波路との間にあって第 2 の屈折率を持つ第 2 光導波領域を備え、

前記第 1 光導波路と前記第 2 光導波領域との境界面が前記第 1 光導波路の方向に対して垂直でないように、前記第 1 光導波路と前記第 2 光導波領域とが接続され、

前記第 1 光導波路と前記第 2 光導波領域との境界面での光の屈折方向の延長線上において、前記第 2 光導波領域と前記第 3 光導波路との境界面が前記延長線に対して垂直でないように、前記第 2 光導波領域と前記第 3 光導波路とが接続され、

前記第 2 光導波領域と前記第 3 光導波路との境界面での光の屈折方向と前記第 3 光導波路の方向とが一致していることを特徴とする集積光導波路。

**【請求項 3】**

前記第 1 光導波路の方向と前記第 3 光導波路の方向とが互いに平行であることを特徴とする請求項 2 記載の集積光導波路。

**【請求項 4】**

前記第 1 光導波路の方向と前記第 3 光導波路の方向とが互いに垂直であることを特徴とする請求項 2 記載の集積光導波路。

**【請求項 5】**

前記第 1 光導波路の方向に対して前記第 1 光導波路と前記第 2 光導波領域との境界面の成す角と、前記第 3 光導波路の方向に対して前記第 2 光導波領域と前記第 3 光導波路の境界面の成す角とが互いに等しく、前記第 1 の屈折率を  $N_1$ 、前記第 2 の屈折率を  $N_2$  とすると、前記第 1 光導波路の方向に対して前記第 1 光導波路と前記第 2 光導波領域との境界面の成す角  $\theta$  は、

$$4\theta_B / 5 \leq \theta \leq \theta_B + 2/3 (\theta_A - \theta_B)$$

$$\theta_B = \tan^{-1} (N_2 / N_1)$$

$$\theta_A = \sin^{-1} (N_2 / N_1)$$

の関係を満たすことを特徴とする請求項 2～4 のいずれか 1 項記載の集積光導波路。

**【請求項 6】**

$\theta = \theta_B$  であることを特徴とする請求項 5 記載の集積光導波路。

**【請求項 7】**

前記第 2 光導波領域は導波構造を備えることを特徴とする請求項 2～6 のいずれか 1 項記載の集積光導波路。

**【請求項 8】**

前記第 2 光導波領域は円弧形状を持つことを特徴とする請求項 7 記載の集積光導波路。

**【請求項 9】**

前記第 1 光導波路および前記第 3 光導波路は半導体で構成され、前記第 2 光導波領域は半導体以外の材料で構成されていることを特徴とする請求項 2～8 のいずれか 1 項記載の集積光導波路。

**【請求項 10】**

前記第 1 の屈折率を  $N_1$ 、前記第 2 の屈折率を  $N_2$  とすると、屈折率比  $N_2 / N_1$  または  $N_1 / N_2$  が 0.9 以下であることを特徴とする請求項 2～9 のいずれか 1 項記載の集積光導波路。

**【請求項 11】**

請求項 2～10 のいずれか 1 項記載の集積光導波路が複数個縦列接続されていることを特徴とする集積光導波路。

【請求項 12】

前記第 1 光導波路または前記第 3 光導波路のいずれか少なくとも一方は、  
半導体基板上に形成されたコア層と、  
前記コア層上に積層され、前記半導体基板と導電型の異なる上部クラッド層と、  
前記上部クラッド層上に形成された第 1 電極と、  
前記半導体基板の裏面に形成された第 2 電極とを備えることを特徴とする請求項 2～11 のいずれか 1 項記載の集積光導波路。

【請求項 13】

前記第 1 光導波路または前記第 3 光導波路のいずれか少なくとも一方は波長選択性を持つことを特徴とする請求項 2～12 のいずれか 1 項記載の集積光導波路。

【請求項 14】

請求項 2～13 のいずれか 1 項記載の集積光導波路を備えることを特徴とする光デバイス。

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】集積光導波路および光デバイス

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は集積光導波路および光デバイスに関し、特に、半導体光導波路とその半導体光導波路とは屈折率の異なる材料からなる光導波路との集積構造およびこれを用いた光デバイスに適用して好適なものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体光導波路と半導体とは異なる特性を有する材料からなる光導波路を接続することにより、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路が得られている。

例えば、半導体の屈折率は温度上昇により増大する、すなわち正の温度依存性を有するが、これとは逆に温度上昇により屈折率が低下する、すなわち負の温度依存性を有する材料からなる光導波路を半導体光導波路に縦続接続する方法がある。

## 【0003】

これにより、全体として、屈折率と導波路長の積である光学長が温度に依存しない光導波路を得ることができ、非特許文献1に開示されているように、半導体レーザの外部に負の屈折率温度依存性を有する材料からなる共振器を構成することで、発振波長が温度に依存しない温度無依存レーザを実現することができる。

ここで、半導体光導波路と半導体以外の材料からなる導波路を接合する場合、その界面において2つの導波路の屈折率の違いから反射が生じる。第1光導波路の屈折率を $N_1$ 、第2光導波路の屈折率を $N_2$ とし、接合面に対して垂直に入射した場合を考えると、反射率 $R$ は以下の(1)式で与えることができる。

$$R = ((N_1 - N_2) / (N_1 + N_2))^2 \quad \dots (1)$$

## 【0004】

一方、屈折率が互いに異なる物質の境界面に光が斜めに入射した場合、入射角を $\theta_1$ 、屈折角を $\theta_2$ とすると、スネルの法則に従い、以下の(2)式で表されるように、その境界面で屈折が生じる。

$$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = N_2 / N_1 \quad \dots (2)$$

ここで、入射角 $\theta_1$ がブリュースター(Brewster)角 $\theta_B$ に一致する場合、入射面に平行な成分の反射をなくすことができ、ブリュースター角 $\theta_B$ は、以下の(3)式で表すことができる。

$$\theta_B = \tan^{-1} (N_2 / N_1) \quad \dots (3)$$

ところで、一般的に、半導体導波路には、埋め込みヘテロ(HB)構造やリッジ構造などが広く用いられている。そして、半導体のエッチングや埋め込み成長では、エッチングや埋め込みに適した結晶方位が存在する。

【非特許文献1】K. Tada et al. "Temperature compensated coupled cavity diode lasers", Optical and Quantum Electronics, vol. 16, pp. 463-469, 1984.

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、半導体光導波路とその半導体光導波路とは屈折率の異なる材料からなる光導波路とを結合する場合、屈折率の差に応じて接合界面での反射が起こるため、導波路設計の自由度が制限される。

ここで、ブリュースター角 $\theta_B$ を利用することにより、屈折率が互いに異なる導波路間における反射を低減することができるが、ブリュースター角 $\theta_B$ を用いると、導波路間の境界面で光が屈折し、導波方向が直線でなくなるという問題がある。

また、屈折率が互いに異なる導波路間における反射を低減するためにブリュースター角

$\theta_B$  を用いると、埋め込み半導体導波路を特定の結晶方向に沿って作製することが困難になり、埋め込み半導体導波路を信頼性よく作製することができなくなるという問題があった。

#### 【0006】

さらに、屈折率が互いに異なる導波路間における反射を低減するためにプリュースター角  $\theta_B$  を用いると、半導体導波路を劈開面に垂直に配置することが困難となり、半導体レーザなどの反射面として劈開面を用いることができなくなるという問題があった。

そこで、本発明の目的は、導波方向の設計の自由度を向上させることを可能としつつ、屈折率が互いに異なる導波路間における反射および屈折による導波路損失を低減することが可能な集積光導波路および光デバイスを提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

上述した課題を解決するために、請求項1記載の集積光導波路によれば、第1光導波領域と、前記第1光導波領域との境界面が前記第1光導波領域の導波方向に対して斜めに配置され、第1光導波領域と屈折率が異なる第2光導波領域と、前記第2光導波領域との境界面における屈折方向が導波方向と一致するように、前記第2光導波領域との境界面が配置された第3光導波領域とを備えることを特徴とする。

#### 【0008】

これにより、第1光導波領域と第2光導波領域との境界面を導波方向に対して傾けることが可能となり、第1光導波領域と第2光導波領域との屈折率が互いに異なる場合においても、第1光導波領域と第2光導波領域との境界面での反射を減らすことが可能となるとともに、屈折方向が導波方向と一致するように境界面が配置された第3光導波領域を設けることで、屈折率が互いに異なる導波路間における反射および屈折による導波路損失を低減しつつ、導波方向を調整することが可能となる。

#### 【0009】

このため、屈折率が互いに異なる材料を光導波領域間に挿入した場合においても、導波路損失を抑制しつつ、劈開やエッチングや埋め込みなどに適した結晶方位を有効に活用することが可能となり、導波路作製時の信頼性の劣化を抑制しつつ、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を実現することが可能となるとともに、導波路設計の自由度を向上させることができる。

#### 【0010】

また、請求項2記載の集積光導波路によれば、第1の屈折率を持つ第1光導波路と第3光導波路、および前記第1光導波路と前記第3光導波路との間にあって第2の屈折率を持つ第2光導波領域を備え、前記第1光導波路と前記第2光導波領域との境界面が前記第1光導波路の方向に対して垂直でないように、前記第1光導波路と前記第2光導波領域とが接続され、前記第1光導波路と前記第2光導波領域との境界面での光の屈折方向の延長線上において、前記第2光導波領域と前記第3光導波路との境界面が前記延長線に対して垂直でないように、前記第2光導波領域と前記第3光導波路とが接続され、前記第2光導波領域と前記第3光導波路との境界面での光の屈折方向と前記第3光導波路の方向とが一致していることを特徴とする。

#### 【0011】

これにより、屈折率が互いに異なる材料を光導波路間に挿入した場合においても、第1光導波路と第2光導波領域との境界面および第2光導波領域と第3光導波路との境界面における反射を低減し、かつ屈折による損失を抑制することができる。

また、請求項3記載の集積光導波路によれば、前記第1光導波路の方向と前記第3光導波路の方向とが互いに平行であることを特徴とする。

これにより、屈折率が互いに異なる光導波路間の境界面を傾けることが可能となり、屈折率が互いに異なる光導波路間の反射を低減することが可能となるとともに、第1光導波路と第2光導波領域との境界面で生じた屈折による導波方向を元の方向に戻すことができる。

## 【0012】

このため、屈折率が互いに異なる材料を光導波領域間に挿入した場合においても、導波路損失を抑制しつつ、集積光導波路の入力側の導波方向と出力側の導波方向とを一致させることが可能となり、集積光導波路作製時に劈開やエッチングや埋め込みなどに適した結晶方位を有効に活用することを可能として、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を信頼性よく実現することが可能となる。

また、請求項4記載の集積光導波路によれば、前記第1光導波路の方向と前記第3光導波路の方向とが互いに垂直であることを特徴とする。

## 【0013】

これにより、屈折率が互いに異なる光導波路間の反射を低減することを可能としつつ、集積光導波路の入力側の導波方向と出力側の導波方向とを劈開可能な結晶方向に垂直に向けることが可能となる。このため、半導体レーザなどの反射面として劈開面を用いることが可能となり、様々な光素子を信頼性よく集積することを可能としつつ、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光素子を実現することが可能となる。

## 【0014】

また、請求項5記載の集積光導波路によれば、前記第1光導波路の方向に対して前記第1光導波路と前記第2光導波領域との境界面の成す角と、前記第3光導波路の方向に対して前記第2光導波領域と前記第3光導波路の境界面の成す角とが互いに等しく、前記第1の屈折率を $N_1$ 、前記第2の屈折率を $N_2$ とすると、前記第1光導波路の方向に対して前記第1光導波路と前記第2光導波領域との境界面の成す角 $\theta$ は、

$$4\theta_B / 5 \leq \theta \leq \theta_B + 2/3 (\theta_A - \theta_B)$$

$$\theta_B = \tan^{-1} (N_2 / N_1)$$

$$\theta_A = \sin^{-1} (N_2 / N_1)$$

の関係を満たすことを特徴とする。

## 【0015】

これにより、屈折率が互いに異なる材料を光導波路間に挿入した場合においても、第1光導波路と第2光導波領域との境界面および第2光導波領域と第3光導波路との境界面における反射を低減し、かつ屈折による損失を抑制することができる。

また、請求項6記載の集積光導波路によれば、 $\theta = \theta_B$ であることを特徴とする。

これにより、第1光導波路と第2光導波領域との境界面および第2光導波領域と第3光導波路との境界面における傾斜角をプリースター角に一致させることが可能となる。このため、これらの境界面に光が斜めに入射する場合においても、入射面に平行な成分の反射率を0にすることができ、屈折率が互いに異なる材料を光導波路間に挿入した場合においても、第1光導波路と第2光導波領域との境界面および第2光導波領域と第3光導波路との境界面における反射を低減し、かつ屈折による損失を抑制することができる。

## 【0016】

また、請求項7記載の集積光導波路によれば、前記第2光導波領域は導波構造を備えることを特徴とする。

これにより、屈折率が互いに異なる光導波路間の反射を低減することを可能としつつ、第2光導波領域における横方向の導波損失を抑えることが可能となるとともに、導波方向を容易に調整することが可能となり、導波路設計の自由度を向上させることができる。

また、請求項8記載の集積光導波路によれば、前記第2光導波領域は円弧形状を持つことを特徴とする。

これにより、導波損失を抑制しつつ、屈折角による光線の曲がりを修正することが可能となるとともに、第3光導波路の位置を任意の場所に設定することが可能となり、導波路設計の自由度を向上させることができる。

## 【0017】

また、請求項9記載の集積光導波路によれば、前記第1光導波路および前記第3光導波路は半導体で構成され、前記第2光導波領域は半導体以外の材料で構成されていることを特徴とする。

これにより、屈折率が互いに異なる光導波路間の反射を低減することを可能としつつ、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を実現することが可能となる

また、請求項 10 記載の集積光導波路によれば、前記第 1 の屈折率を  $N_1$ 、前記第 2 の屈折率を  $N_2$  とすると、屈折率比  $N_2 / N_1$  または  $N_1 / N_2$  が 0.9 以下であることを特徴とする。

#### 【0018】

これにより、屈折率が互いに異なる材料を光導波路間に挿入した場合においても、これらの光導波路間における反射を低減することが可能となる。

また、請求項 11 記載の集積光導波路によれば、請求項 2～10 のいずれか 1 項記載の集積光導波路が複数個縦列接続されていることを特徴とする。

これにより、半導体光導波路と半導体以外の光導波路とを同一半導体基板上に集積した際の光導波路間の反射を低減することを可能としつつ、半導体とは異なる屈折率を有する材料からなる光導波路を半導体光導波路の途中に複数個集積することができる。このため、導波路設計の自由度を向上させることを可能としつつ、半導体とは異なる材料の導波領域を分布させて配置することが可能となり、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を実現することが可能となる。

#### 【0019】

また、請求項 12 記載の集積光導波路によれば、前記第 1 光導波路または前記第 3 光導波路のいずれか少なくとも一方は、半導体基板上に形成されたコア層と、前記コア層上に積層され、前記半導体基板と導電型の異なる上部クラッド層と、前記上部クラッド層上に形成された第 1 電極と、前記半導体基板の裏面に形成された第 2 電極とを備えることを特徴とする。

これにより、光導波路間の反射を低減することを可能としつつ、半導体レーザを光導波路に集積することが可能となり、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光素子を実現することが可能となる。

#### 【0020】

また、請求項 13 記載の集積光導波路によれば、前記第 1 光導波路または前記第 3 光導波路のいずれか少なくとも一方は波長選択性を持つことを特徴とする。

これにより、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光素子を実現することが可能となる。

また、請求項 14 記載の光デバイスによれば、請求項 2～13 のいずれか 1 項記載の集積光導波路を備えることを特徴とする。

これにより、境界面における反射を抑制しつつ、屈折率が互いに異なる材料から構成される様々な光素子を集積することが可能となり、導波路設計の自由度を確保しつつ、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光素子を実現することが可能となる。

#### 【発明の効果】

#### 【0021】

以上説明したように、本発明によれば、屈折率が互いに異なる材料を光導波領域間に挿入した場合においても、境界面における反射を抑制しつつ、導波方向の設計の自由度を向上させることが可能となり、集積光導波路作製時に劈開やエッチングや埋め込みなどに適した結晶方位を有効に活用することを可能として、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を信頼性よく実現することが可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0022】

以下、本発明の実施形態に係る集積光導波路について図面を参照しながら説明する。

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す断面図である。

図 1 において、半導体基板 100 には、第 1 導波路 101、第 2 導波領域 102 および第 3 導波路 103 が形成され、第 2 導波領域 102 は、第 1 導波路 101 と第 3 導波路 103 との間に配置されている。ここで、第 1 導波路 101 および第 3 導波路 103 の屈折率は互いに等しくなるように設定することができ、第 1 導波路 101 と第 2 導波領域 10



2との屈折率は互いに異なるように設定することができる。例えば、第1導波路101および第3導波路103は半導体材料で構成することができ、第2導波領域102は半導体以外の材料で構成することができる。なお、第2導波領域102の材料としては、例えば、重水素化ポリフルオロメタクリレート（d-PFMA）などを用いることができる。

#### 【0023】

また、第1導波路101と第2導波領域102との境界面104は、第1導波路101の光の伝播方向に対して傾くように配置することができる。また、第2導波領域102と第3導波路103との境界面105は、第1導波路101と第2導波領域102との境界面104における光の屈折方向の延長線に対して傾くように配置することができる。ここで、第1導波路101と第2導波領域102との境界面104における光の屈折方向の延長線に対して、第2導波領域102と第3導波路103との境界面105を傾ける場合、第2導波領域102と第3導波路103との境界面105における光の屈折方向が第3導波路103の光の伝播方向に一致するように設定することができる。

#### 【0024】

これにより、第1導波路101と第3導波路103との間に屈折率が互いに異なる第2導波領域102を配置した場合においても、第1導波路101と第2導波領域102との境界面104および第2導波領域102と第3導波路103との境界面105における反射を低減し、かつ屈折による損失を抑制することができる。

すなわち、第1導波路101と第2導波領域102とは、その間の境界面104が第1導波路101の光の伝播方向に対して傾くように接続されているため、境界面104で生じる反射光が第1導波路101に戻ることがなく、第1導波路101が局所的な共振器を構成することを回避することができる。同様に、第2導波領域102と第3導波路103とは、その間の境界面105が第2導波領域102の光の伝播方向に対して傾くように接続されているため、第2導波領域102および第3導波路103が局所的な共振器を構成することを回避することができる。

#### 【0025】

さらに、第2導波領域102と第3導波路103との境界面105における光の屈折方向を第3導波路103の光の伝播方向に一致させることにより、第1導波路101、第2導波領域102および第3導波路103を伝播する光が、第1導波路101と第2導波領域102との境界面104および第2導波領域102と第3導波路103との境界面105において屈折した場合においても、第1導波路101、第2導波領域102および第3導波路103から漏れ出すことを防止することができる。

#### 【0026】

この結果、第1導波路101から入射した光は、従来に比べて小さな損失で、第1導波路101、第2導波領域102および第3導波路103を伝播して、第3導波路103から出射することができる。

ここで、第1導波路101の光の伝播方向に対して第1導波路101と第2導波領域102との境界面104を傾ける場合、その境界面104の傾斜角はブリュースター角を満たすように設定することができる。また、第2導波領域102の光の伝播方向に対して第2導波領域102と第3導波路103との境界面105を傾ける場合、その境界面105の傾斜角はブリュースター角を満たすように設定することができる。この際、第2導波領域102の中心に対して点対称になるように、第1導波路101および第3導波路103を第2導波領域102に接続することができる。

#### 【0027】

これにより、第1導波路101と第2導波領域102との境界面104および第2導波領域102と第3導波路103との境界面105での反射を低減することを可能としつつ、第1導波路101と第3導波路103との方向を互いに平行にすることが可能となる。このため、屈折率の異なる材料が挿入された導波路間の反射を抑制するために、ブリュースター角を用いた場合においても、入射方向と出射方向とを互いに一致させることが可能となる。

## 【0028】

このため、屈折率が互いに異なる材料を第1導波路101と第3導波路103との間に挿入した場合においても、導波路損失を抑制しつつ、劈開やエッチングや埋め込みなどに適した結晶方位を有効に活用することが可能となり、第1導波路101および第3導波路103の作製時における信頼性の劣化を抑制しつつ、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を実現することが可能となるとともに、導波路設計の自由度を向上させることができる。

## 【0029】

図2は、図1の第1導波路101および第3導波路103の概略構成を示す断面図である。

図2において、半導体基板100上には、コア層201および上部クラッド層202が順次積層されている。そして、上部クラッド層202、コア層201および半導体基板100の上部は、光導波方向に沿ってストライプ状にエッチング加工され、上部クラッド層202、コア層201および半導体基板100の上部の両側には、埋め込み層203、204がそれぞれ形成されている。

## 【0030】

これにより、第1導波路101および第3導波路103を埋め込みヘテロ(BH)構造とすることができ、横方向の光閉じ込めを可能として、第1導波路101および第3導波路103における導波損失を低減することができる。

なお、半導体基板100、上部クラッド層202および埋め込み層203、204としては、例えば、InP、コア層201としては、例えば、GaInAsPを用いることができる。

## 【0031】

また、コア層201および上部クラッド層202を半導体基板100上に順次積層する場合、例えば、MBE (molecular beam epitaxy)、MOCVD (metal organic chemical vapor deposition)、あるいはALCVD (atomic layer chemical vapor deposition) などのエピタキシャル成長を用いることができる。

## 【0032】

図3は、本発明の第2実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

図3において、半導体基板300には、第1導波路301、第2導波路302および第3導波路303が形成され、第2導波路302は、第1導波路301と第3導波路303との間に配置されている。ここで、第1導波路301および第3導波路303の屈折率は互いに等しくなるように設定することができ、第1導波路301と第2導波路302との屈折率は互いに異なるように設定することができる。例えば、第1導波路301および第3導波路303は半導体材料で構成することができ、第2導波路302は半導体以外の材料で構成することができる。

## 【0033】

また、第1導波路301と第2導波路302との境界面304は、第1導波路301の光の伝播方向に対して傾くように配置することができる。また、第2導波路302と第3導波路303との境界面305は、第1導波路301と第2導波路302との境界面304における光の屈折方向の延長線に対して傾くように配置することができる。ここで、第1導波路301と第2導波路302との境界面304における光の屈折方向の延長線に対して、第2導波路302と第3導波路303との境界面305を傾ける場合、第2導波路302と第3導波路303との境界面305における光の屈折方向が第3導波路303の光の伝播方向に一致するように設定することができる。

## 【0034】

例えば、これらの境界面304、305の傾斜角はプリュースター角を満たすようにそれぞれ設定するとともに、第2導波路302の中点に対して点対称になるように、第1導波路301および第3導波路303を第2導波路302に接続することができる。

図4は、図3の第2導波路302の概略構成を示す断面図である。

図4において、半導体基板300上には、クラッド層402にて周囲を囲まれたコア層401が形成されている。なお、半導体基板300としては、例えば、InPを用いることができる。また、クラッド層402およびコア層401としては、例えば、フッ素含有量を変えて屈折率が変更された重水素化ポリフルオロメタクリレート（d-PFMA）などを用いることができる。

#### 【0035】

これにより、第2導波路302における導波損失を低減させることを可能としつつ、第1導波路301と第2導波路302との境界面304および第2導波路302と第3導波路303との境界面305での反射を低減することが可能となる。

なお、図1の第1導波路101および第3導波路103、図3の第1導波路301、第2導波路302および第3導波路303に関しては、特に制約を設けるものではなく、半導体導波路構造として通常用いられているリッジ導波路やハイメサ導波路等を用いるようにしてもよい。

#### 【0036】

また、導波路のコア層およびクラッド層の形状に関しては、特に制約を設けるものではなく、例えば、コア層中央部の屈折率とクラッド層の屈折率との間の屈折率を持つ材料によりサンドイッチされた分離閉じ込めヘテロ構造（SCH）や、屈折率を段階的に変化した傾斜屈折率（GIR）SCHとしてもよい。

また、半導体レーザに本構造を適用する場合、コアとして活性領域を用いてもよく、その形状は、バルク、MQW（多重量子井戸）、量子細線、量子ドットを問わず、また活性領域の導波路構造に関しても、pn埋め込み、リッジ構造、半絶縁埋め込み構造、ハイメサ構造等を用いるようにしてもよい。さらに、材料に関しても、InPおよびGaInAsPの組み合わせに限定されることなく、GaAs、AlGaAs、InGaAs、GaInNAsなど任意の材質について適用が可能である。

#### 【0037】

さらに、図1の第2導波領域102および図3の第2導波路302についても、特に制約を設けるものではなく、例えば、ポリイミドやベンゾシクロブテンなどを用いるようにしてもよい。

また、上述した集積光導波路の光学長について考えると、半導体の屈折率は温度上昇により増大する、すなわち屈折率の温度微分係数は正であるため、周囲温度が上昇すると、光導波路の光学長が長くなる。

#### 【0038】

そこで、例えば、図1の第2導波領域102や図3の第2導波路302を、負の屈折率温度微分係数を有する材料を用いて構成するようにしてもよい。これにより、温度変化により個々の光導波路の光学長が変化した場合においても、光導波路全体の光学長の温度変化を抑制することが可能となる。なお、負の屈折率温度微分係数を有する材料としては、例えば、PMMAを用いることができる。

#### 【0039】

以下、図1および図3の実施形態の動作原理をより詳細に説明する。

図5は、屈折率の異なる物質の接合面に光が入射した場合の入射角と屈折角との関係を示す模式図である。

図5において、屈折率 $N_1$ の物質側から屈折率 $N_2$ の物質側に入射角 $\theta_1$ で入射した光は、これらの物質の界面において屈折角 $\theta_2$ で屈折する。この時、入射角 $\theta_1$ と屈折角 $\theta_2$ との間の関係は（2）式で表すことができる。特に、入射角 $\theta_1$ が（3）式で表される関係を満たし、入射角 $\theta_1$ がブリュースター角 $\theta_B$ に一致する場合、入射面に平行な成分の反射をなくすることができる。

#### 【0040】

そして、入射角 $\theta_1$ がブリュースター角 $\theta_B$ に一致する場合、（2）式および（3）式から以下の（4）式が成り立つ。

$$\cos \theta_1 = \sin \theta_2$$

$$\therefore \theta_2 = \pi/2 - \theta_1 \quad \dots (4)$$

このため、図3の第2導波領域302の中心に対して点対称になるように、第1導波路301および第3導波路303を第2導波領域302に接続することにより、第1導波路301と第2導波領域302との境界面304および第2導波領域302と第3導波路303との境界面305における傾斜角をプリースター角に一致させることを可能としつつ、第1導波路101と第3導波路103との方向を互いに平行にすることが可能となる。

#### 【0041】

また、図5から明らかなように、屈折率 $N_1$ の物質内を導波する方向と屈折率 $N_2$ の物質内を導波する方向との成す角 $\theta_{12}$ は、以下の(5)式で表すことができる。

$$\theta_{12} = \pi/2 - 2\theta_1 \quad \dots (5)$$

図6は、屈折率 $N_1$ の物質側から屈折率 $N_2$ の物質側に光が入射した場合の導波方向の成す角 $\theta_{12}$ と屈折率比 $N_2/N_1$ との関係を示す図である。

なお、導波方向の成す角 $\theta_{12}$ は、図1の構成では、第1導波路101を光が導波する方向と、第2導波領域102を光が導波する方向との成す角、図3の構成では、第1導波路301の方向と第2導波路302の方向との成す角を示す。

#### 【0042】

図6において、図3の構成を例にとると、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比が0.9(例えば、第1導波路301の屈折率が3.21であるとする、第2導波路302の屈折率が2.89)であるとする、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ は6度程度となる。このため、例えば、第2導波路302の導波長が $10\mu\text{m}$ であるとする、第2導波路302からの光の出射位置は第1導波路301の延長線上から $1\mu\text{m}$ 程度ずれる。

#### 【0043】

また、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比が0.8になると、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ は12度程度、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比が0.7になると、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ は20度程度、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比が0.6になると、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ は28度程度、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比が0.5になると、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ は37度程度となり、第1導波路301の延長線上からのずれはさらに大きくなる。

#### 【0044】

このため、第1導波路301と第3導波路303とを直線上に配置すると、光を効率よく導波させることができなくなるが、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ および第2導波路302の導波長に対応させて、第1導波路301の延長線上から第3導波路303をずらして配置することにより、光を効率よく導波させることが可能となる。

#### 【0045】

なお、光の軌跡は進行方向が逆であっても同じであるので、 $N_2 > N_1$ の場合は、(1)式～(4)式より明らかなように、 $N_2$ と $N_1$ とを入れ替えて考えればよい。

例えば、第1導波路301および第3導波路303の屈折率が3.12、第2導波路302の屈折率が1.54で、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比が0.48であるとする、第1導波路301から第2導波路302へのプリースター角 $\theta_B$ は25.6度、屈折角 $\theta_2$ は25.6度となり、第1導波路301と第2導波路302との成す角 $\theta_{12}$ は38.8度となる。

#### 【0046】

一方、第2導波路302から第3導波路303への場合は、(1)式～(4)式より明らかなように、第1導波路301と第2導波路302との屈折率を入れ替えた場合に相当

するので、ブリュースター角  $\theta_B$  は 64.4 度、屈折角  $\theta_2$  は 25.6 度となる。

従って、図 3 の第 2 導波領域 302 の中点に対して点対称になるように、第 1 導波路 301 および第 3 導波路 303 を第 2 導波領域 302 に接続することにより、各導波路間における反射を抑制しつつ、第 1 導波路 301 と第 3 導波路 303 との方向を互いに平行にすることが可能となる。このため、第 1 導波路 301 と第 3 導波路 303 とを同じ結晶方向に沿って作製することが可能となり、埋め込みヘテロ構造を持つ第 1 導波路 301 および第 3 導波路 303 を信頼性よく作製することができる。

#### 【0047】

特に、図 6 から判るように、第 1 導波路 301 と第 2 導波路 302 との屈折率比が 0.41 程度の場合、第 1 導波路 301 と第 2 導波路 302 との成す角  $\theta_{12}$  は 45 度とすることができ、第 1 導波路 301 と第 3 導波路 303 との方向を互いに直交させることができる。

なお、第 1 導波路 301 および第 3 導波路 303 が半導体以外の材料で構成した場合においても、本発明の原理は同じであるため、第 1 導波路 301 と第 3 導波路 303 との方向を互いに平行にすることが可能となる。

#### 【0048】

次に、第 1 導波路 301 の屈折率を  $N_1$ 、第 2 導波路 302 の屈折率を  $N_2$  とすると、入射面に平行な成分の反射率  $R$  は以下の (6) 式で与えることができる。

$$R = \left| \frac{\tan(\theta_1 - \sin^{-1}(N_2/N_1 \sin \theta_1))}{\tan(\theta_1 + \sin^{-1}(N_2/N_1 \sin \theta_1))} \right|^2 \quad \dots (6)$$

図 7 は、屈折率の異なる物質の接合面に光が入射した場合の入射角と入射面に平行な成分の反射率との関係を示す図である。なお、図 7 の例では、第 1 導波路 301 の屈折率を  $N_1 = 3.21$ 、第 2 導波路 302 の屈折率を  $N_2 = 1.54$  とした。

#### 【0049】

図 7 において、入射角  $\theta_1$  が増加するに従って、入射面に平行な成分の反射率  $R$  は漸減し、入射角  $\theta_1$  がブリュースター角  $\theta_B = 25.6$  度に一致した時に反射率  $R$  が 0 となる。そして、入射角  $\theta_1$  がブリュースター角  $\theta_B$  を超えると、入射面に平行な成分の反射率  $R$  は急激に増加し、全反射角  $\theta_A = 28.7$  度に漸近する。

なお、全反射角  $\theta_A$  は以下の (7) 式で与えることができる。

$$\theta_A = \sin^{-1}(N_2/N_1) \quad \dots (7)$$

#### 【0050】

ここで、反射率  $R$  が小さくなる入射角  $\theta_1$  として、入射角  $\theta_1$  が 0 度の時の反射率  $R$  の 1/3 になる場合を例にとると、ブリュースター角  $\theta_B$  の 4/5 の角度から、ブリュースター角  $\theta_B$  より全反射角  $\theta_A$  とブリュースター角  $\theta_B$  の差の 2/3 だけ大きい角度の範囲内とすることができる。すなわち、反射率  $R$  が小さくなる入射角  $\theta_1$  は、以下の (8) 式により与えることができる。

$$4\theta_B/5 \leq \theta_1 \leq \theta_B + 2/3(\theta_A - \theta_B) \quad \dots (8)$$

#### 【0051】

このように、入射角  $\theta_1$ 、つまり、第 1 導波路 301 における光の伝播方向に対する第 1 導波路 301 と第 2 導波路 302 との境界面 304 との成す角をブリュースター角  $\theta_B$  に一致させることにより、境界面 304 に平行な成分の反射率を 0 とすることができる。通常、導波路を伝播する光は、境界面に平行な成分のみを持つ TE モードであるから、第 1 導波路 301 を伝播する光は、境界面 304 による損失を受けることなく、第 2 導波路 302 に透過させることができる。また、入射角  $\theta_1$  を (8) 式で示される範囲に設定することにより、反射による損失を小さくすることができる。

#### 【0052】

図 8 は、本発明の第 3 実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

図 8 において、半導体基板 800 には、第 1 導波路 801、第 2 導波路 802 および第 3 導波路 803 が形成され、第 2 導波路 802 は、第 1 導波路 801 と第 3 導波路 803 との間に配置されている。ここで、第 1 導波路 801 および第 3 導波路 803 の屈折率は

互いに等しくなるように設定することができる。また、第1導波路801と第2導波路802との屈折率は互いに異なるように設定することができ、第1導波路301と第2導波路302との屈折率比は0.41程度とすることができる。

#### 【0053】

また、第1導波路801と第2導波路802との境界面804および第2導波路802と第3導波路803との境界面805は、光の入射方向に対してブリュースター角をそれぞれ満たすように傾斜させることができる。

これにより、第1導波路801と第2導波路802との成す角および第2導波路802と第3導波路803との成す角をそれぞれ45度とすることができ、第1導波路801と第3導波路803との方向を互いに直交させることが可能となるとともに、第1導波路801と第2導波路802との境界面804および第2導波路802と第3導波路803との境界面805での反射を低減することが可能となる。このため、結晶構造から考えると、第1導波路801および第3導波路803に劈開面を形成する場合には、劈開面は平行でなくても、直交に配置することができる。

#### 【0054】

図9は、本発明の第4実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

図9において、半導体基板900には、第1導波路901、第2導波路902、第3導波路903、第4導波路904および第5導波路905が形成されている。そして、第2導波路902は、第1導波路901と第3導波路903との間に配置され、第4導波路904は、第3導波路903と第5導波路905との間に配置されている。

#### 【0055】

ここで、第1導波路901、第3導波路903および第5導波路905の屈折率は互いに等しくなるように設定することができ、第2導波路902および第4導波路904の屈折率は互いに等しくなるように設定することができる。また、第1導波路901と第2導波路902との屈折率は互いに異なるように設定することができる。例えば、第1導波路901、第3導波路903および第5導波路905は半導体材料で構成することができ、第2導波路902および第4導波路904は半導体以外の材料で構成することができる。

#### 【0056】

また、第1導波路901と第2導波路902との境界面906は、第1導波路901の光の伝播方向に対して傾くように配置することができる。また、第2導波路902と第3導波路903との境界面907は、第1導波路901と第2導波路902との境界面906における光の屈折方向の延長線に対して傾くように配置することができる。ここで、第1導波路901と第2導波路902との境界面904における光の屈折方向の延長線に対して、第2導波路902と第3導波路903との境界面907を傾ける場合、第2導波路902と第3導波路903との境界面906における光の屈折方向が第3導波路903の光の伝播方向に一致するように設定することができる。

#### 【0057】

さらに、第3導波路903と第4導波路904との境界面908は、第3導波路903の光の伝播方向に対して傾くように配置することができる。また、第4導波路904と第5導波路905との境界面909は、第3導波路903と第4導波路904との境界面908における光の屈折方向の延長線に対して傾くように配置することができる。ここで、第3導波路903と第4導波路904との境界面908における光の屈折方向の延長線に対して、第4導波路904と第5導波路905との境界面909を傾ける場合、第4導波路904と第5導波路905との境界面909における光の屈折方向が第5導波路905の光の伝播方向に一致するように設定することができる。

#### 【0058】

例えば、これらの境界面906～909の傾斜角はブリュースター角を満たすようにそれぞれ設定し、第2導波路902の中心に対して点対称になるように、第1導波路901および第3導波路903を第2導波路902に接続するとともに、第4導波路904の中心に対して点対称になるように、第3導波路903および第5導波路905を第4導波路

904に接続することができる。

これにより、これらの境界面906～909での反射を低減することを可能としつつ、入力側の第1導波路901および出力側の第5導波路905とを一直線上に配置することが可能となり、導波路設計の自由度を向上させることができる。

#### 【0059】

なお、図9の第4実施形態は、図3の構成を折り返して配置するようにしたものであるため、第1導波路901、第2導波路902、第3導波路903、第4導波路904および第5導波路905の材料および形状などは、上述した実施形態で説明したものを使用することができる。

また、図9の構成をさらに複数個縦列接続するようにしてもよく、これにより、半導体とは異なる材料の導波領域を分布させて配置することが可能となり、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を実現することが可能となる。

#### 【0060】

図10は、本発明の第5実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

図10において、半導体基板1000には、第1導波路1001、第2導波路1002および第3導波路1003が形成され、第2導波路1002は、第1導波路1001と第3導波路1003との間に配置されている。ここで、第1導波路1001および第3導波路1003の屈折率は互いに等しくなるように設定することができ、第1導波路1001と第2導波路1002との屈折率は互いに異なるように設定することができる。例えば、第1導波路1001および第3導波路1003は半導体材料で構成することができ、第2導波路1002は半導体以外の材料で構成することができる。

#### 【0061】

また、第1導波路1001と第2導波路1002との境界面1004は、第1導波路1001の光の伝播方向に対して傾くように配置することができる。また、第2導波路1002と第3導波路1003との境界面1005は、第1導波路1001と第2導波路1002との境界面1004における光の屈折方向の延長線に対して傾くように配置することができる。また、第1導波路1001と第3導波路1003は、同一直線上に配置するとともに、各境界面1004、1005における屈折方向に対応しつつ、第1導波路1001と第3導波路1003とを接続可能となるように、第2導波路1002を円弧状に折り曲げることができる。

#### 【0062】

例えば、これらの境界面1004、1005の傾斜角はブリュースター角を満たすようにそれぞれ設定するとともに、第2導波路1002の中央線に対して線対称になるように、第1導波路1001および第3導波路1003を第2導波路1002に接続することができる。

これにより、導波損失を抑制しつつ、屈折角による光線の曲がりを修正することが可能となるとともに、第3導波路1003の位置を任意の場所に設定することが可能となり、導波路設計の自由度を向上させることができる。

#### 【0063】

なお、図10の第5実施形態では、屈折角による光線の曲がりを修正するために、第2導波領域1002を曲がり導波路で構成する方法について説明したが、第1導波領域1001または第3導波領域1003を曲がり導波路で構成するようにしてもよい。

また、図10の第5実施形態は、図3の構成の変形例であるため、第1導波路1001、第2導波路1002および第3導波路1003の材料および形状などは、上述した実施形態で説明したものを使用することができる。

また、図10の構成をさらに複数個縦列接続するようにしてもよく、これにより、半導体とは異なる材料の導波領域を分布させて配置することが可能となり、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路を実現することが可能となる。

#### 【0064】

図11は、本発明の第6実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す断面図である。

図11において、半導体基板1100には、第1導波路WG1、第2導波路WG2および第3導波路WG3が形成され、第2導波路WG2は、第1導波路WG1と第3導波路WG3との間に配置されている。ここで、第1導波路WG1および第3導波路WG3の屈折率は互いに等しくなるように設定することができ、第1導波路WG1と第2導波路WG2との屈折率は互いに異なるように設定することができる。例えば、第1導波路WG1および第3導波路WG3は半導体材料で構成することができ、第2導波路WG2は半導体以外の材料で構成することができる。

#### 【0065】

また、第1導波路WG1と第2導波路WG2との境界面は、第1導波路WG1の光の伝播方向に対して傾くように配置することができる。また、第2導波路WG2と第3導波路WG3との境界面は、第1導波路WG1と第2導波路WG2との境界面における光の屈折方向の延長線に対して傾くように配置することができる。ここで、第1導波路WG1と第2導波路WG2との境界面における光の屈折方向の延長線に対して、第2導波路WG2と第3導波路WG3との境界面を傾ける場合、第2導波路WG2と第3導波路WG3との境界面における光の屈折方向が第3導波路WG3の光の伝播方向に一致するように設定することができる。また、第1導波路WG1および第3導波路WG3には、レーザダイオードが形成されている。

#### 【0066】

すなわち、半導体基板1100上には、コア層1101が積層され、コア層1101上には、半導体基板1100と異なる導電型の上部クラッド層1102が積層されている。なお、半導体基板1100および上部クラッド層1102としては、例えば、InP、コア層1101としては、例えば、GaInAsPを用いることができる。また、例えば、半導体基板1101をn型とし、上部クラッド層1102をp型とすることができる。

#### 【0067】

そして、コア層1101および上部クラッド層1102が順次積層された半導体基板1100をエッチング加工することにより、上部クラッド層1102、コア層1101および半導体基板1100の上部を第1導波路WG1および第3導波路WG3の形状に成形する。そして、第1導波路WG1および第3導波路WG3の両側に埋め込み層1103、1105をそれぞれ成長させることにより、埋め込みヘテロ構造を形成する。なお、埋め込み層1103、1105としては、例えば、FeドープされたInP絶縁層を用いることができる。

#### 【0068】

そして、第1導波路WG1と第3導波路WG3との間の上部クラッド層1102、コア層1101および半導体基板1100の上部を、第1導波路WG1と第2導波路WG2との境界および第2導波路WG2と第3導波路WG3との境界にそれぞれ沿って除去する。そして、第2導波路WG2の形状に対応するようにして、BCBなどの有機材料を第1導波路WG1と第3導波路WG3との間に埋め込むことにより、第1導波路WG1と第3導波路WG3とに接続された第2導波路WG2を半導体基板1100上に形成する。

#### 【0069】

また、第1導波路WG1と第3導波路WG3の配置位置にそれぞれ対応して上部クラッド層1102上に電極1106、1107を形成するとともに、半導体基板1100の裏面に電極1108を形成することにより、第1導波路WG1および第3導波路WG3にレーザダイオードをそれぞれ形成することができる。

なお、図11の第6実施形態では、図3の構造を例にとって電極1106～1108を設ける方法について説明したが、上述した図1または図8～図10の構造に対して電極を設けるようにしてもよい。

#### 【0070】

また、図11の第6実施形態では、電流を注入するための活性層を半導体導波路に設けた構造であるため、第1導波路WG1、第2導波路WG2および第3導波路WG3の材料および形状などは、上述した実施形態で説明したものをそのまま適用することができる。



さらに、例えば、半導体導波路部分に回折格子などを形成して波長選択性を付与するようにしてもよく、分布帰還型 (DBR) 半導体レーザや分布反射器 (DBR) などを作製するようにしてもよい。

また、第2導波路WG2として屈折率の温度係数が負の材料を用いれば、波長選択性により発振波長を単一とすることが可能となるとともに、温度によって波長が変わらないレーザを得ることができる。

#### 【産業上の利用可能性】

##### 【0071】

本発明の集積光導波路は、半導体レーザやその他の光半導体素子、あるいはこれらの集積構造に利用することができ、半導体のみでは得られない新しい特性を有する光導波路や光半導体素子を実現することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0072】

【図1】 本発明の第1実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

【図2】 図1の第1導波領域101の概略構成を示す断面図である。

【図3】 本発明の第2実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

【図4】 図3の第2導波路302の概略構成を示す断面図である。

【図5】 屈折率の異なる物質の接合面に光が入射した場合の入射角と屈折角との関係を示す模式図である。

【図6】 屈折率の異なる物質を光が導波する場合の導波方向の成す角と屈折率比との関係を示す図である。

【図7】 屈折率の異なる物質の接合面に光が入射した場合の入射角と入射面に平行な成分の反射率との関係を示す図である。

【図8】 本発明の第3実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

【図9】 本発明の第4実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

【図10】 本発明の第5実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す平面図である。

【図11】 本発明の第6実施形態に係る集積光導波路の概略構成を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0073】

100、300、800、900、1000、1100 半導体基板

101、301、801、901、1001、WG1 第1導波路

102 第2導波領域

103、303、803、903、1003、WG3 第3導波路

302、802、902、1002、WG2 第2導波路

904 第4導波路

905 第5導波路

104、105、304、305、804、805、906～909、1004、10

05 境界面

201、1101 半導体コア層

202、1102 半導体クラッド層

203、204、1103、1105 埋め込み層

401 コア層

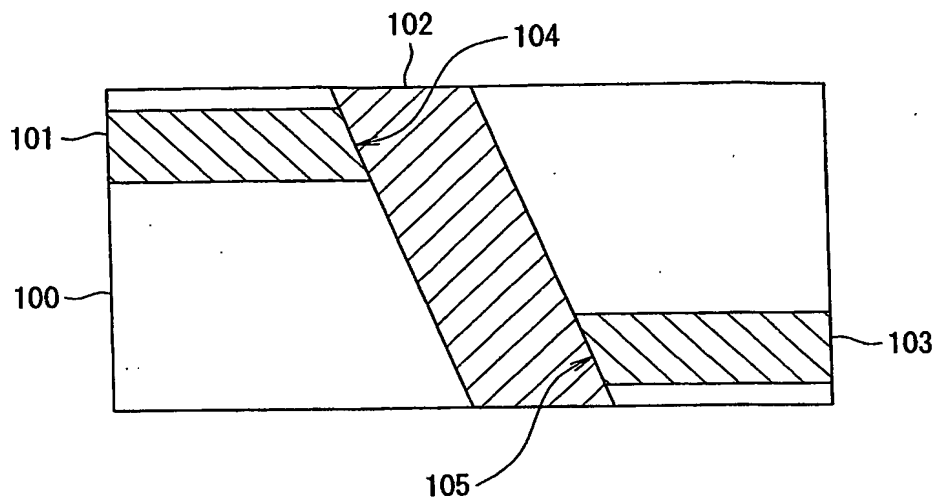
402 クラッド層

1104 導波路

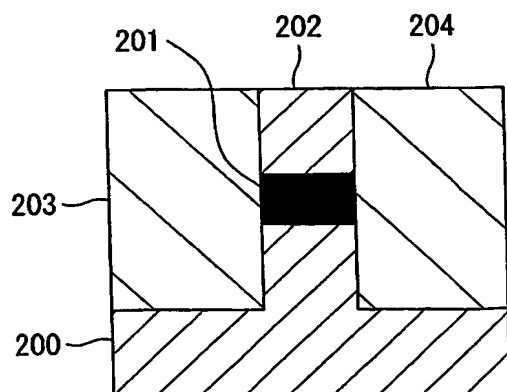
1106、1107 上部電極

1108 下部電極

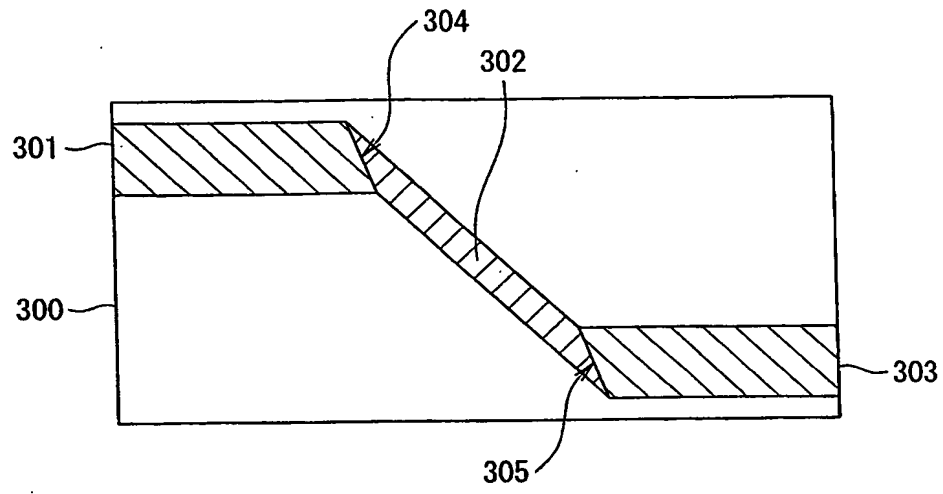
【書類名】 図面  
【図 1】



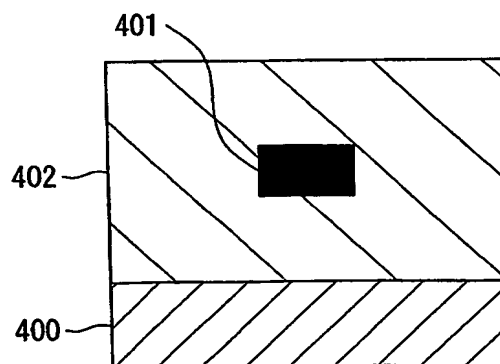
【図 2】



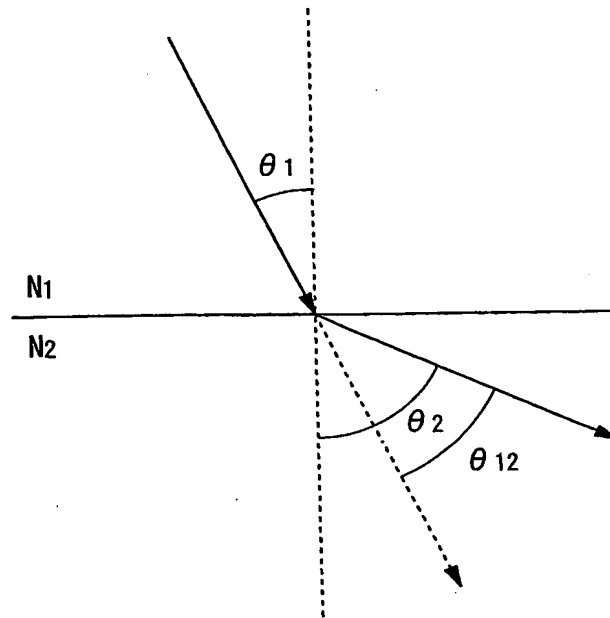
【図 3】



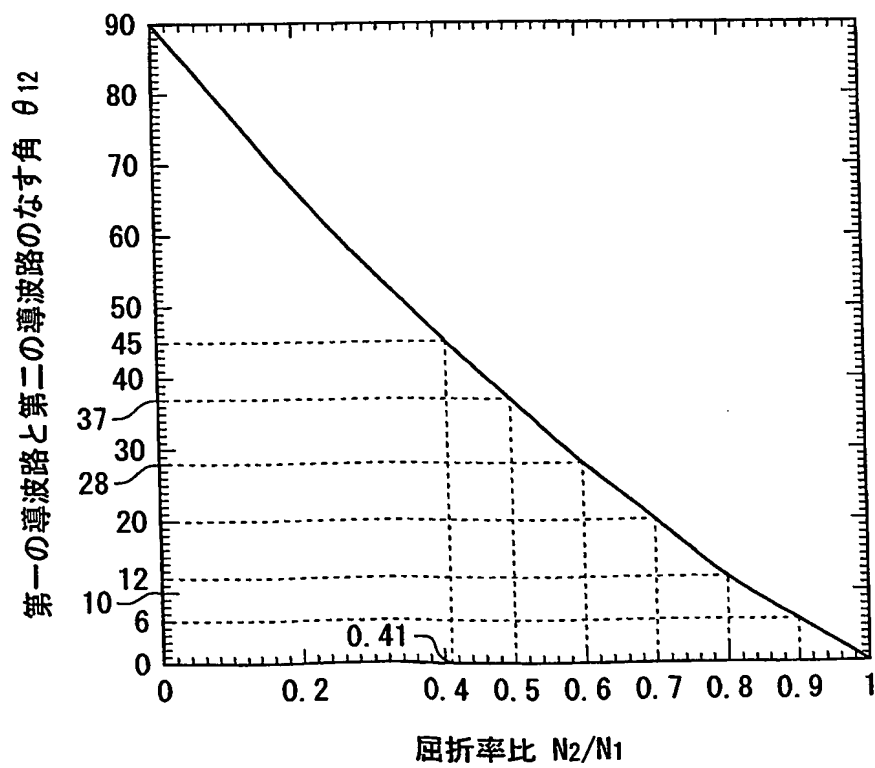
【図 4】



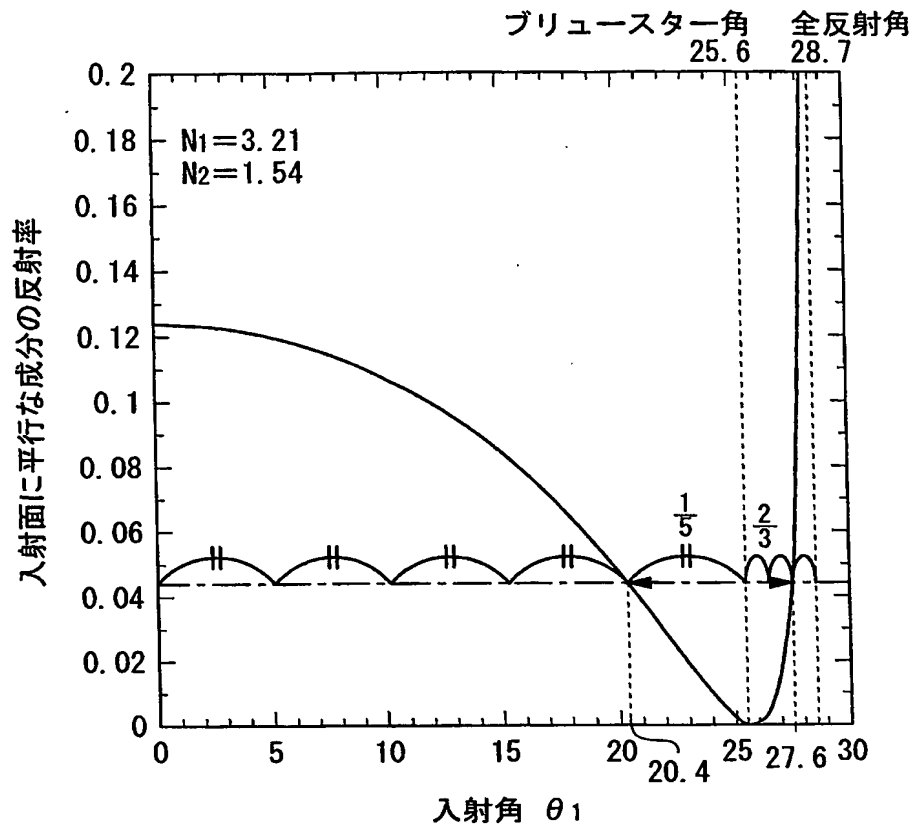
【図 5】



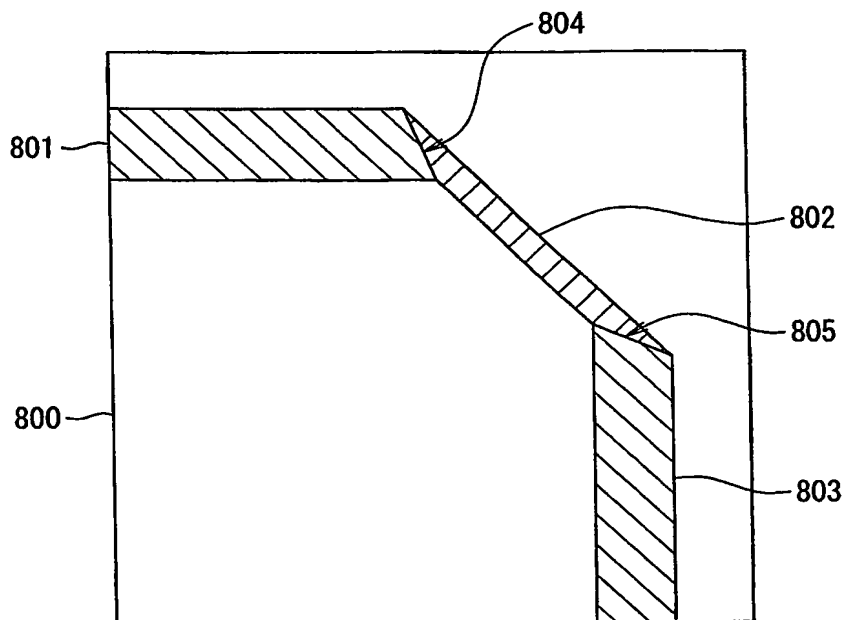
【図 6】



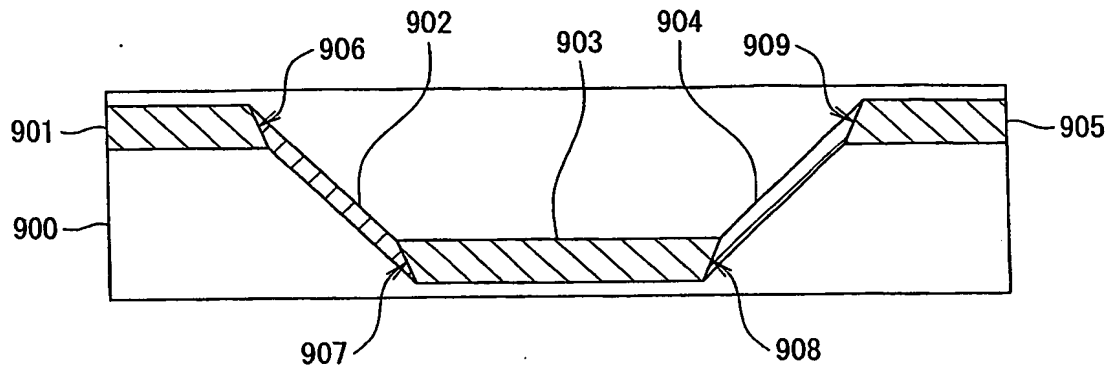
【図 7】



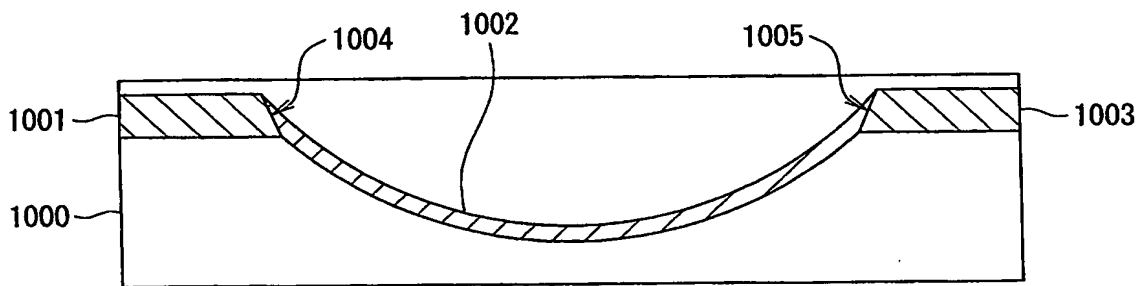
【図 8】



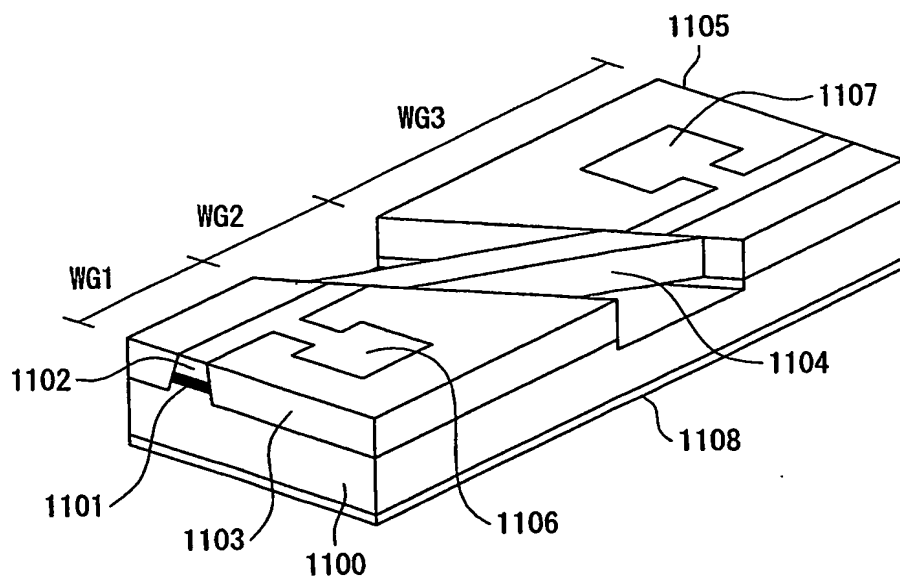
【図 9】



【図 10】



【図 11】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 導波方向の設計の自由度を向上させることを可能としつつ、屈折率が互いに異なる導波路間における反射および屈折による導波路損失を低減する。

**【解決手段】** 第1導波路101と第2導波領域102との境界面104を第1導波路101の光の伝播方向に対して傾くように配置し、第2導波領域102と第3導波路103との境界面105を第1導波路101と第2導波領域102との境界面104における光の屈折方向の延長線上に対して傾くように配置し、第2導波領域102と第3導波路103との境界面105における光の屈折方向が第3導波路103の光の伝播方向に一致するように設定する。

**【選択図】** 図1

特願 2003-412062

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1999年 7月15日

住 所  
氏 名

住所変更  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
日本電信電話株式会社